



**Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH**

**Research
Report**
RR-91-23

Akquisition und Repräsentation von technischem Wissen für Planungsaufgaben im Bereich der Fertigungstechnik

**Michael M. Richter,
Ansgar Bernardi,
Christoph Klauck,
Ralf Legleitner**

Juli 1991

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
GmbH**

Postfach 20 80
D-6750 Kaiserslautern, FRG
Tel.: (+49 631) 205-3211/13
Fax: (+49 631) 205-3210

Stuhlsatzenhausweg 3
D-6600 Saarbrücken 11, FRG
Tel.: (+49 681) 302-5252
Fax: (+49 681) 302-5341

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

The German Research Center for Artificial Intelligence (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, DFKI) with sites in Kaiserslautern und Saarbrücken is a non-profit organization which was founded in 1988 by the shareholder companies ADV/Orga, AEG, IBM, Insiders, Fraunhofer Gesellschaft, GMD, Krupp-Atlas, Mannesmann-Kienzle, Nixdorf, Philips and Siemens. Research projects conducted at the DFKI are funded by the German Ministry for Research and Technology, by the shareholder companies, or by other industrial contracts.

The DFKI conducts application-oriented basic research in the field of artificial intelligence and other related subfields of computer science. The overall goal is to construct *systems with technical knowledge and common sense* which - by using AI methods - implement a problem solution for a selected application area. Currently, there are the following research areas at the DFKI:

- ☐ Intelligent Engineering Systems
- ☐ Intelligent User Interfaces
- ☐ Intelligent Communication Networks
- ☐ Intelligent Cooperative Systems.

The DFKI strives at making its research results available to the scientific community. There exist many contacts to domestic and foreign research institutions, both in academy and industry. The DFKI hosts technology transfer workshops for shareholders and other interested groups in order to inform about the current state of research.

From its beginning, the DFKI has provided an attractive working environment for AI researchers from Germany and from all over the world. The goal is to have a staff of about 100 researchers at the end of the building-up phase.

Prof. Dr. Gerhard Barth
Director

Akquisition und Repräsentation von technischem Wissen für Planungsaufgaben im Bereich der Fertigungstechnik

Michael M. Richter, Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner

DFKI-RR-91-23

Dieses Papier erscheint auch im Konferenzband der VDI-Gesellschaft Entwicklung Konstruktion Vertrieb (EKV) der Tagung "Erfolgreiche Anwendung wissensbasierter Systeme in Entwicklung und Konstruktion", die am 7./8. Oktober 1991 in Heidelberg veranstaltet wird.

Diese Arbeit wurde finanziell unterstützt durch das Bundesministerium für Forschung und Technologie (FKZ ITW-8902 C4).

© Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz 1991

This work may not be copied or reproduced in whole or in part for any commercial purpose. Permission to copy in whole or in part without payment of fee is granted for nonprofit educational and research purposes provided that all such whole or partial copies include the following: a notice that such copying is by permission of Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Kaiserslautern, Federal Republic of Germany; an acknowledgement of the authors and individual contributors to the work; all applicable portions of this copyright notice. Copying, reproducing, or republishing for any other purpose shall require a licence with payment of fee to Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz.

Akquisition und Repräsentation von technischem Wissen für Planungsaufgaben im Bereich der Fertigungstechnik

Prof. M. M. Richter, Dipl.-Inform. A. **Bernardi**, Dipl.-Inform. C. **Klauck**,
Dipl.-Ing. R. **Legleitner**

ARC-TEC Project
DFKI GmbH, Postfach 2080, D-6750 Kaiserslautern, Germany
Telefon: +49631/205-3477, 205-4068
Fax: +49631/205-3210

Zusammenfassung

Im Bereich der Fertigungstechnik kann eine Fülle von Planungsaufgaben identifiziert werden, die für eine Bearbeitung mit Methoden der KI geeignet erscheinen. Das Projekt ARC-TEC am DFKI wendet die KADS-Methode zur systematischen Entwicklung von Expertensystemen an und erstellt Tools für alle Phasen dieser Entwicklung. Die Brauchbarkeit der entwickelten Methoden und Tools wird am Beispiel der Erstellung von Arbeitsplänen für die Drehbearbeitung demonstriert. Besonderes Augenmerk gilt dabei der expliziten Repräsentation des konkreten Expertenwissens und der Bearbeitung des gegebenen Problems in einer der Vorgehensweise des Experten möglichst naheliegenden Weise.

Abstract

In the area of production engineering many planning tasks can be found which seem well-suited to be tackled using AI-methodologies. The ARC-TEC project of the DFKI uses the model based KADS approach for a systematic development of expert systems and provides tools to support the different phases of this development. The generation of work plans for manufacturing by turning is used as an example to demonstrate the applicability of the different tools and methodologies. Special focus is upon the explicit representation of the concrete experts knowledge and the problem solving strategy which closely follows the way an expert solves the problem.

Inhalt:

Einleitung	2
Wissensakquisition	4
KADS	4
Anwendung von KADS in der Wissensakquisition	5
Wissensrepräsentation	11
Features	12
Skelettpläne	15
Planen mit Features und Skelettplänen	16
Zusammenfassung	20
Literatur	20

Einleitung

Aufgabe der Fertigungstechnik ist, abstrakt gesprochen, die Realisierung von geistig vorhandenen und - etwa in Form von Konstruktionszeichnungen - beschriebenen Gegenständen in der physikalischen Welt. Dies wird erreicht, indem ausgehend von der Beschreibung des gewünschten Produktes aus der Menge der möglichen Rohteile, Werkzeuge, Bearbeitungsverfahren, Maschinen usw. die geeigneten ausgewählt und in geeigneter Reihenfolge angewendet werden, so daß die Folge der einzelnen Schritte letztlich zum gewünschten Produkt führt.

Viele der dabei zu lösenden Teilprobleme sind typische Planungsaufgaben: Gesucht sind Folgen von Operationen, die einen gegebenen Ausgangszustand in einen beschriebenen Endzustand überführen. Neben der Planung von Arbeitsfolgen zur Herstellung eines Werkstücks ist auch etwa an die Planung von Diagnoseschritten für die Bauteilprüfung, die Berechnung, Abschätzung und schließliche Minimierung von Produktionskosten und anderes mehr zu denken. Andere Probleme in diesem Zusammenhang

fallen eher unter den Begriff der Konfiguration, wie etwa das Job Scheduling zur optimalen Auslastung von Maschinen.

Diesen Aufgaben gemeinsam ist eine eigenartige Zwitterstellung: Einerseits gilt das Erstellen etwa eines Arbeitsplans als ein kreativer Prozeß, der vom Menschen zu erledigen ist und nur schwer vom Rechner geleistet werden kann. Andererseits enthält die Planungsaufgabe viele immer gleiche Elemente und beachtet wenige allgemeingültige Prinzipien, so daß sie mit einem beträchtlichen Maß an Routine gelöst wird: Eigenarten, die normalerweise den Einsatz von Rechnern wünschenswert machen.

Konsequenterweise werden von vielen Seiten Anstrengungen unternommen, möglichst viele der in diesem Bereich anfallenden Aufgaben vom Rechner lösen zu lassen. Entwicklungen im Bereich der CAD-Technik haben zum Ziel, vom Konstrukteur bereits möglichst viele die spätere Fertigung bestimmende Informationen zu erhalten und zu bewahren. Ausgefeilte NC-Programmiersysteme ermöglichen es dem planenden Menschen, sich auf die grundlegenden strategischen Entscheidungen zu konzentrieren; die Detailarbeit der Codeerzeugung übernimmt der Rechner. Ähnliches gilt für Kostenabschätzungen, Maschinenkonfigurationen, Logistik usw.

Integrierte Produktmodelle und standardisierte Datenaustauschformate wie STEP unterstützen den Informationstransfer zwischen den einzelnen Systemen. Endziel all dieser Anstrengungen ist die vollständig Computer-integrierte Fertigung CIM. Die hier von erwarteten wirtschaftlichen Vorteile im Hinblick auf Flexibilität, Zeit- und Kosteneffizienz, Produktqualität usw. erklärt das starke Interesse für dieses Gebiet.

Die erwähnte Zwitterstellung vieler Probleme läßt das Arbeitsgebiet für die Künstliche Intelligenz interessant werden. Ein Problem, das von Menschen nach bewährten Prinzipien bearbeitet wird, die sich formal ausdrücken lassen, und zu dessen Lösung der Mensch formulierbares Wissen einsetzt, kann mit den Methoden der KI erfolgversprechend bearbeitet werden. Wenn das vom Menschen benutzte Wissen in geeigneter Form repräsentiert wird, so daß dann ein Inferenzmechanismus aus diesem Wissen Schlüsse ableiten kann, so löst das so entstandene "wissensbasierte System" das bearbeitete Problem, auch wenn die direkte Formulierung der Problemlösung in einem herkömmlichen Algorithmus nicht praktikabel ist. Darüberhinaus führt die explizite Formulierung des Wissens zu besserer Flexibilität und Wartbarkeit des Systems inklusive der Wissensbasis und ermöglicht so die optimale Anpassung an konkrete Gegebenheiten des Einsatzumfelds.

Bei aller Euphorie im Hinblick auf diese erwarteten Verbesserungen hat sich allerdings gezeigt, daß das Erstellen eines funktionstüchtigen Expertensystems eine nicht-

triviale Aufgabe ist. Entsprechend den Erfahrungen aus der klassischen Informatik, wo die fortschreitende Komplexität großer Softwaresysteme den Entwurf und Einsatz von Methoden zur systematischen Softwareerstellung und die Entwicklung unterstützender Tools erzwang (CASE: Computer Aided Software Engineering), ist auch für die Konstruktion eines großen wissensbasierten Systems ein methodisches Vorgehen und der Einsatz von unterstützenden Tools unerlässlich.

Am DFKI (Deutsches Forschungsinstitut für Künstliche Intelligenz GmbH) in Kaiserslautern wird im Projekt ARC-TEC (Akquisition, Repräsentation und Compilation von TEchnischem Wissen) eine solche methodische Vorgehensweise angewendet. Die Erstellung eines Expertensystems wird als Folge von (computerunterstützter) Wissensakquisition, formaler Repräsentation des akquirierten Wissens und schließlich Umformung/Compilation der formalen Ausdrücke in effizient ausführbaren Code gesehen. Für die einzelnen Schritte werden geeignete unterstützende Tools entwickelt, die aufeinander und auf das beabsichtigte Einsatzgebiet abgestimmt werden. Die Brauchbarkeit der entwickelten Tools und Methoden wird am konkreten Beispiel der Generierung von Arbeitsplänen für die Drehbearbeitung erprobt und demonstriert.

Gemäß den Zielen des DFKI ist das BMFT-geförderte Projekt ARC-TEC ein Projekt der anwendungsorientierten Grundlagenforschung. Das DFKI strebt eine Zwischenstellung zwischen der grundlagenorientierten reinen universitären Forschung einerseits und der produktbezogenen reinen industriellen Forschung andererseits an. Dementsprechend orientiert sich auch ARC-TEC an konkreten Aufgaben und Problemen aus der industriellen Praxis, strebt aber nicht unmittelbar ein Produkt an und ist daher offen für die Erprobung neuer Ansätze aus der Ideenküche Universität.

Im folgenden werden die in ARC-TEC verwendeten Methoden zusammen mit den wichtigsten unterstützenden Tools vorgestellt. Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt dabei dem Thema entsprechend auf der Wissensakquisition und Repräsentation.

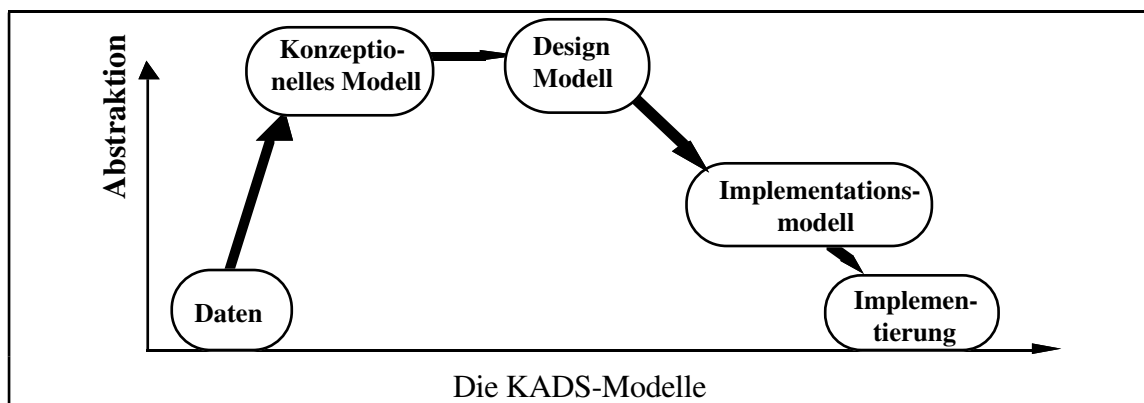
Wissensakquisition.

Die Aufgabe der Wissensakquisition ist die Ermittlung und Aufbereitung des vom menschlichen Experten zur Lösung des bearbeiteten Problems verwendeten Wissens bis hin zur formalen Repräsentation. Diese Aufgabe erschöpft sich somit nicht in rein quantitativem Formulieren von Wissens-elementen. Viel wichtiger ist die Strukturierung der Domäne und des Wissens, das Herausarbeiten von Abstraktionsebenen und von Zusammenhängen im Bezug auf die Verarbeitung des Wissens. Erst aufgrund dieser Arbeiten kann dann eine geeignete Repräsentationsform gewählt werden.

Im Sinne einer systematischen Vorgehensweise verwendet ARC-TEC als Grundlage der Wissensakquisition einen Ansatz sukzessiver Modellbildung, KADS. Im folgenden Abschnitt wird ein kurzer Überblick über diese Methode gegeben. Wie diese Methode in ARC-TEC Anwendung gefunden hat und welche Ergebnisse erzielt wurden, wird in den darauffolgenden Beschreibungen der Tools und Methoden der Akquisition und Repräsentation dargestellt

KADS

KADS stellt die zur Zeit ausgereifteste modellorientierte Vorgehensweise zur Entwicklung von wissensbasierten Systemen dar. Der Weg vom Wissen des Experten zum ablauffähigen System wird in diesem Rahmen durch die Folge von Konzeptionellem Modell, Designmodell und Implementierungsmodell beschrieben.

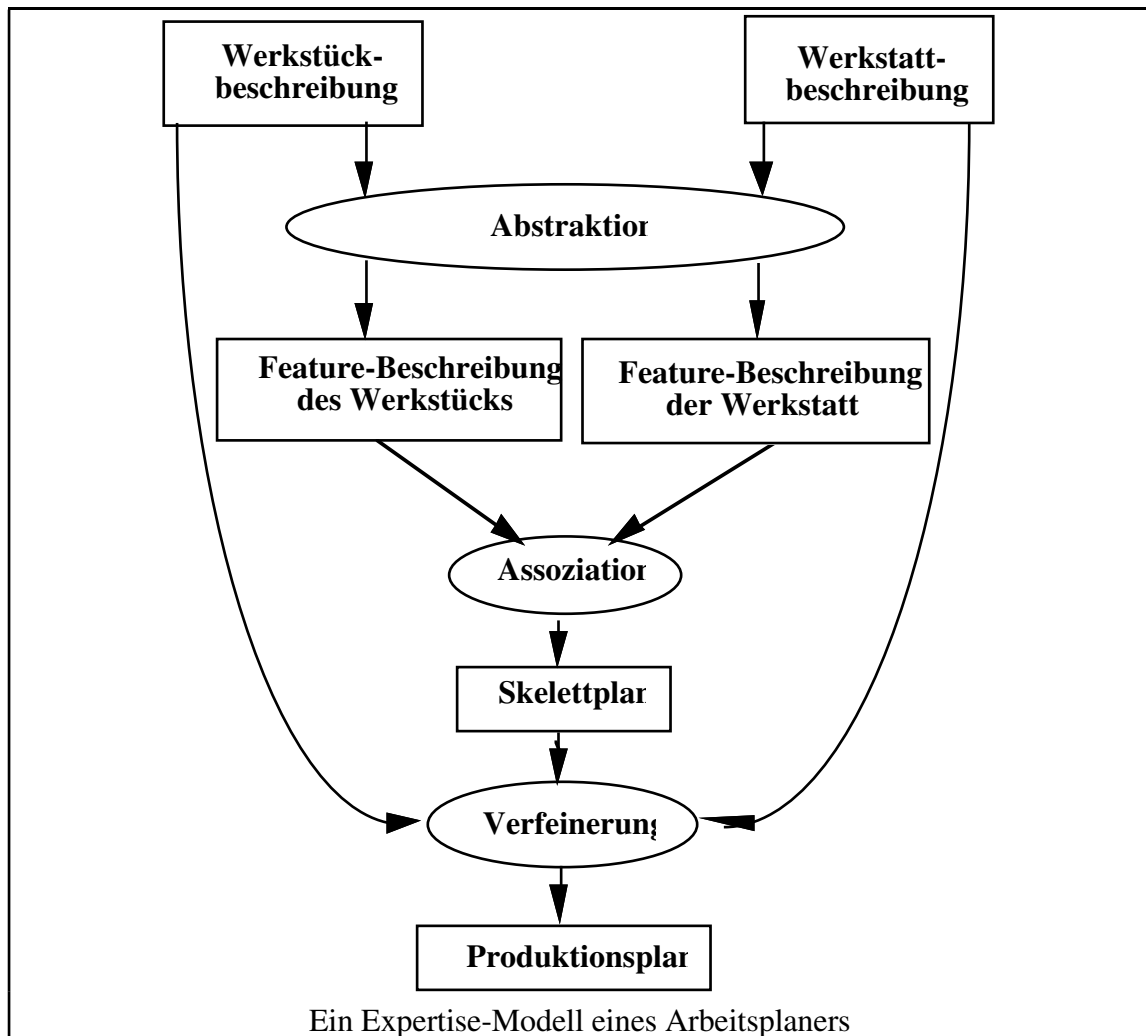


Der Schwerpunkt der Beschreibung verschiebt sich von Modell zu Modell mehr zu rechnerbezogenen Fragestellungen. Aufbauend auf den Daten der Domäne, wie etwa Lehrbüchern oder kognitiven Modellen von Experten, wird im ersten Schritt die grundlegende Struktur der bearbeiteten Expertise aufgedeckt und beschrieben. Diese explizite Beschreibung strukturiert das Wissen und die Vorgehensweise des Experten, so daß im Rahmen des konzeptionellen Modells Wissenstypen und Verarbeitungsmethoden identifiziert werden können, die die Abbildung auf den Rechner fördern. Diese Arbeiten resultieren dann in einem konzeptuellen Modell der Expertise. Beim Übergang vom konzeptionellen Modell zum Designmodell ist nun ein schwieriger Formalisierungsschritt zu lösen: Die identifizierten einzelnen Wissenstypen und Verarbeitungsmethoden sind mit implementierbaren Verfahren in Beziehung zu setzen. Im resultierenden Designmodell werden den einzelnen Wissens-elementen und Verarbeitungsmethoden Repräsentationsformalismen und Methoden zugeordnet, die zur Verarbeitung durch einen Rechner bestimmt sind. Dieser Übergang stellt die Grenze zwischen der Wissensakquisition und der konkreten Repräsentations- und

Implementierungsarbeit dar und ist somit eine Aufgabe beider Bereiche. Das Implementierungsmodell wird mittels Detaillierung des Designmodells gewonnen. Hier wird genau spezifiziert, wie das entwickelte Designmodell implementiert wird. Konsequenterweise gehört das Erstellen des Implementierungsmodells nicht zu den Aufgaben der Wissensakquisition. Abschließend ist das Implementierungsmodell dann im Rechner zu realisieren.

Anwendung von KADS in der Wissensakquisition

Die Anwendung der KADS-Methode führt auch im ARC-TEC-Projekt zu den beschriebenen Modellen auf unterschiedlichen Ebenen. Das Konzeptionelle Modell von ARC-TEC ist im folgenden Bild dargestellt.



Der Experte betrachtet die ihm vorgelegte Werkstückbeschreibung vor dem Hintergrund des ihm zur Verfügung stehenden Fertigungsumfelds. Hieraus ergibt sich eine abstrakte Beschreibung des Werkstücks in Termen des Experten. Diese Beschreibung - die normalerweise nicht explizit aufgeschrieben wird - hängt in Struktur und Inhalt neben dem vorgegebenen Fertigungsumfeld wesentlich von beruflichen Erfahrungen des Experten ab.

Mit seiner abstrakten Beschreibung hat der Experte das Werkstück als eine Ansammlung von Grundelementen dargestellt, wobei die einzelnen Grundelemente bestimmend für Teile des Fertigungsprozesses sind. Es ist also davon auszugehen, daß den einzelnen Grundelementen, den sogenannten Features, bestimmte Teil-Arbeitspläne oder besondere Strategien zugeordnet sind. Wir sprechen hier von Skelettplänen.

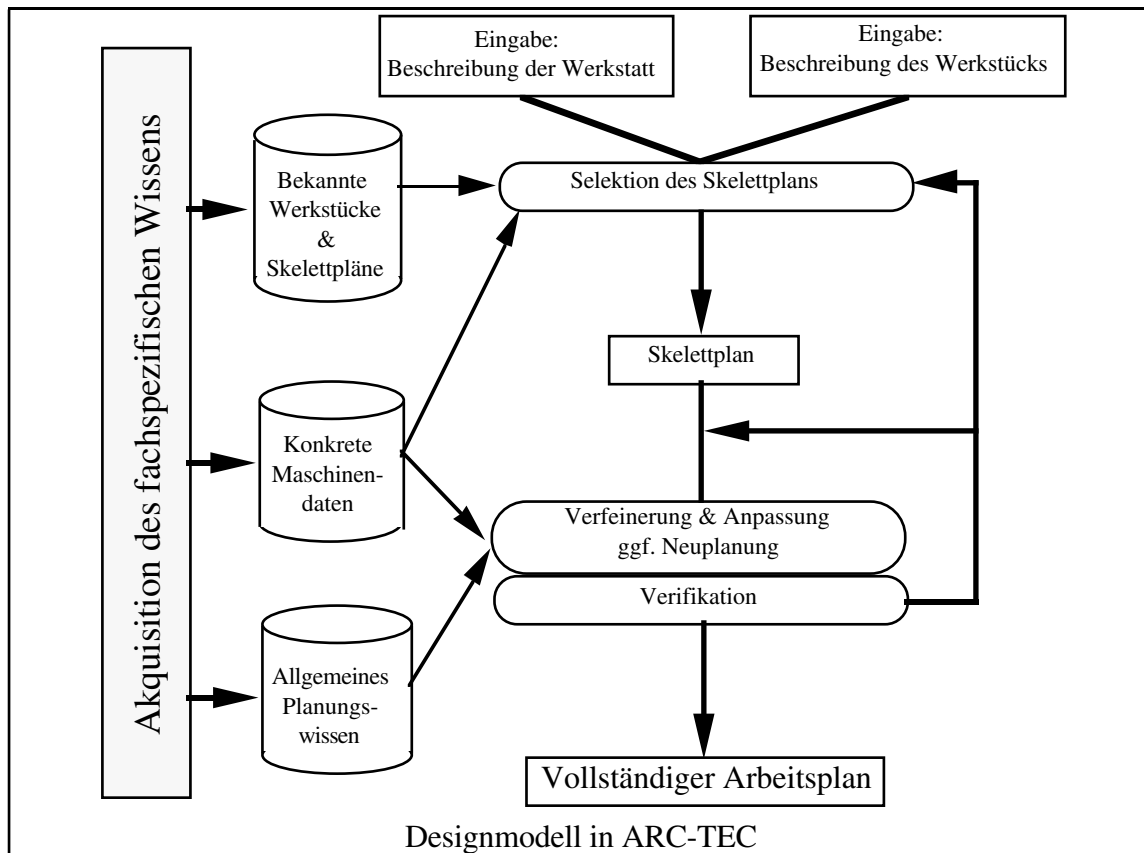
Der Erkenntnis der jeweiligen abstrakten Beschreibung des Werkstücks folgt die Selektion der assoziierten Skelettpläne und deren Kombination zum fertigen Arbeitsplan. Dies impliziert die Auswahl aus mehreren Alternativen, da in der Regel bereits die abstrakte Featurebeschreibung nicht eindeutig ist und für die einzelnen Features auch mehrere Fertigungsmöglichkeiten existieren.

Schließlich wird der resultierende Plan auf seine Realisierbarkeit hin überprüft. Werden dabei Fehler entdeckt, so wird der Prozeß wiederholt, bis ein ausführbarer Plan gefunden wurde.

Die explizite Beschreibung der Expertise strukturiert das Wissen des Experten, so daß im Rahmen des konzeptionellen Modells Wissenstypen und Verarbeitungsmethoden identifiziert werden können, die die Abbildung auf den Rechner fördern. Diese Wissenstypen und Verarbeitungsmethoden werden uns weiter unten als konkrete Repräsentationsaufgaben nochmals begegnen.

Der Übergang zum Designmodell führt in ARC-TEC zu der im folgenden abgebildeten Darstellung.

Das Designmodell ist - wie erwartet - stark an das konzeptionelle Modell angelehnt. Den einzelnen Wissens-elementen sind jetzt aber Repräsentationsformalismen zugeordnet, die zur Verarbeitung durch einen Rechner bestimmt sind. Das Designmodell sieht einen Bereich vor, in dem das akquirierte Wissen zur Problemlösung gehalten wird, und einen Eingabebereich, in dem aktuelle Aufgabenstellungen durch Eingabe einer Werkstückbeschreibung und Werkstattbeschreibung generiert werden können. Auf Grund der gegebenen



Aufgabenbeschreibung wird ein Skelettplan ausgewählt. Bei Aufgabenstellungen, für die bereits gute Pläne vorhanden sind, wird ein bereits recht ausführlicher Plan ausgewählt, ist dies nicht der Fall, können in dieser Ebene nur Erwartungen oder besser gewisse Fertigungsstrategien ermittelt werden, welche dann bei der Verfeinerung durch quasi generative Planung verfeinert werden. Dabei werden Skelettpläne jeweils für die Teilbereiche des Werkstücks, die von besonderer fertigungstechnischer Bedeutung sind, (Fertigungsfeatures) ausgewählt und miteinander verschmolzen.

Ausgegeben wird ein abstrakter aber vollständiger Fertigungsplan.

Mit dem Designmodell wird bereits die Grenze zwischen der Wissensakquisition und der konkreten Repräsentations- und Implementierungsarbeit überschritten. Vorher aber sollen noch einige Tools der Wissensakquisition näher beleuchtet werden.

Die Wissensakquisition stützt sich auf verschiedene Wissensquellen. Üblicherweise stehen neben den konkreten Experten auch Fallsammlungen und allgemeine Lehrbücher zur Verfügung. Lehrbücher enthalten das Wissen, das im bearbeiteten Problembereich - oft unabhängig vom einzelnen Experten - über längere Zeit herausgearbeitet wurde. Allgemein anerkannte Zusammenhänge und Verfahrensweisen sind häufig in Lehrbüchern kodifiziert. Fallsammlungen repräsentieren in fixierter

Form gemachte Erfahrungen auf dem bearbeiteten Bereich, indem konkrete bereits bearbeitete Aufgaben zusammen mit den angewendeten Lösungen und evtl. zusätzlichen Informationen etwa über die Güte des Resultats gespeichert sind. Die so vorhandenen Informationen sind in der Regel nicht so allgemeingültig wie das Lehrbuchwissen, dafür aber mehr auf den konkreten Einsatzbereich zugeschnitten.

Der Experte schließlich weiß mit seiner beruflichen Erfahrung, wann er welches Wissen anzuwenden hat, und kann Ähnlichkeiten und Analogien formulieren. Freilich ist dieses Wissen zunächst nicht formalisiert.

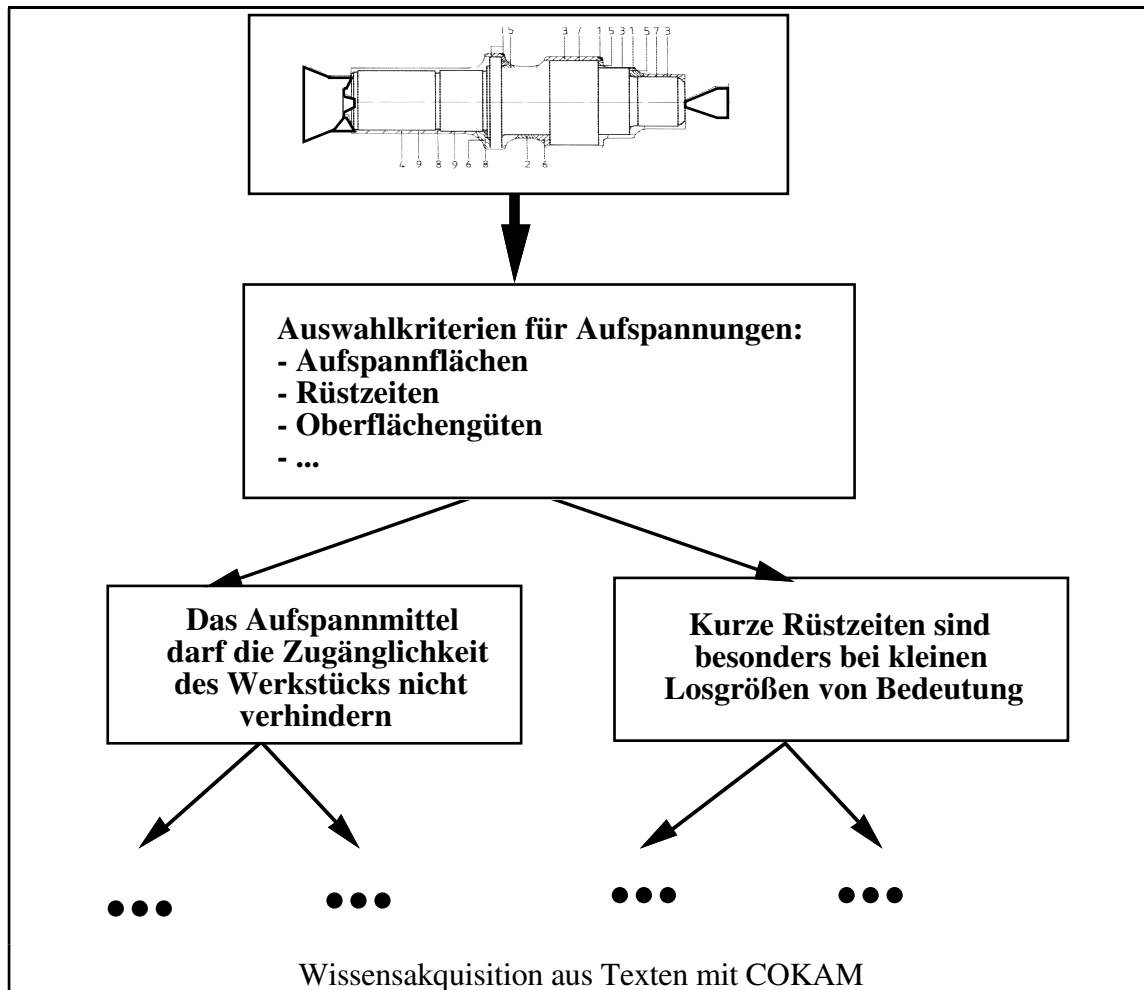
Der Strukturen dieser Wissensquellen entsprechend gestaltet sich die Akquisition von Wissen aus diesen Quellen unterschiedlich. Die im Akquisitionsteil von ARC-TEC entwickelten Tools beachten diese Unterschiede und unterstützen die Akquisition aus verschiedenen Wissensquellen in der jeweils geeigneten Weise.

Zur Strukturierung von in Texten enthaltenem Wissen dient das Tool COKAM (Case Oriented Knowledge Acquisition Method). Mit COKAM kann Wissen, welches in Texten aus Lehrbüchern oder aus Firmenschriften steht, isoliert, strukturiert und auf bestimmte Fälle angewendet werden. Somit kann das akquirierte Wissen überprüft und auf Vollständigkeit für bestimmte Problemklassen getestet werden, um dann in für die Verarbeitung durch Computer adäquater Weise abgelegt zu werden.

Die generelle Arbeitsweise mit COKAM kann wie folgt beschrieben werden:

Der Experte bearbeitet vorgegebene Aufgabenstellungen. In den gegebenen Texten bzw. -auszügen markiert er diejenigen Abschnitte, von denen er glaubt, daß sie für seine Art der Problemlösung relevant sind, also diese erklären. Das in den markierten Textstücken enthaltene Wissen wendet er nun auf die Aufgabenstellung an. Wo immer dann Teile der Problemlösung nicht durch die Texte gedeckt sind, ergänzt er die Texte durch Niederschrift seiner eigenen Vorgehensweise. Auf diese Art wird einerseits das relevante Textbuchwissen auf seine Vollständigkeit hin getestet, andererseits wird vielleicht unbewußt eingesetztes Expertenwissen bewußt und explizit formuliert.

Als Vorstufe der rechneradäquaten Formalisierung werden in COKAM zunächst die Kontextbezüge der isolierten Textstellen aufgelöst und dann Abhängigkeiten zwischen einzelnen Stellen explizit markiert. Wenn dann noch die in den Textstellen beschriebenen Objekte über alle Einzelabschnitte hinweg einheitlich benannt werden, also eine einheitliche Terminologie verwendet wird, ist die Transformation der Wissens Elemente in eine formale Repräsentationssprache nicht mehr schwierig.

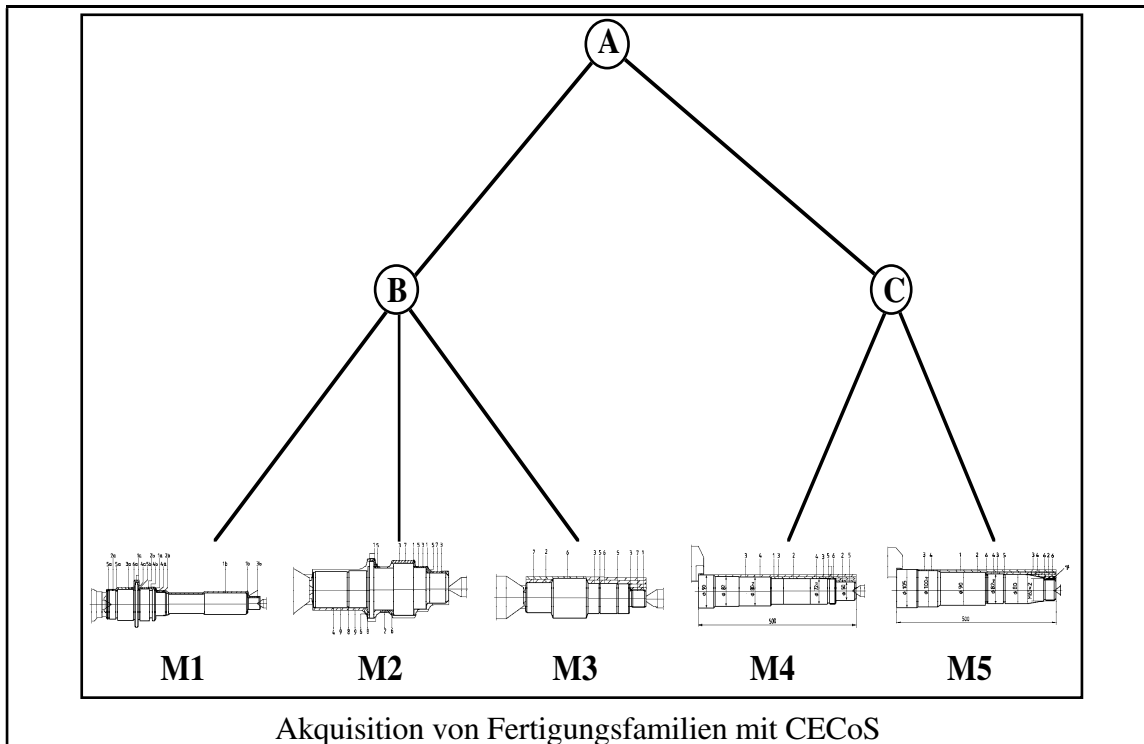


Das zweite entwickelte Tool CECoS (Case Experience Combination System) dient dazu, aus vorhandenen beispielhaften Fällen das Abstraktionswissen des Experten zu analysieren, indem eine hierarchische Klassifikation von Problemklassen ermittelt wird.

Die prinzipielle Vorgehensweise der Akquisition kann wie folgt beschrieben werden:

Der Experte führt einen vollständigen Paarvergleich von bestimmten Fällen eines Werkstückspektrums durch, wobei er die Ähnlichkeit der Fälle im Bezug zur Fertigung bewertet. Auf Grund der Bewertungen wird eine Cluster-Analyse durchgeführt, die einen binären Baum erzeugt. Der Experte kann nun diesen Baum überprüfen und korrigieren, falls notwendig. Im nächste Schritt muß er die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Werkstückklassen angeben. Dabei bezieht er sich im allgemeinen auf Features wie etwa: "Diese Wellen haben keine monotone Kontur" oder "Diese Wellen benötigen Einstechoperationen". Die erwähnten fertigungstechnischen Features, wie Einstich oder monotone (aufsteigende) Kontur des Werkstücks kann der Experte dann an den einzelnen Ästen des Baumes definieren. Mit diesem Tool können somit Feature-

Beschreibungen von Werkstücken und auch die Definitionen der Features ermittelt werden.



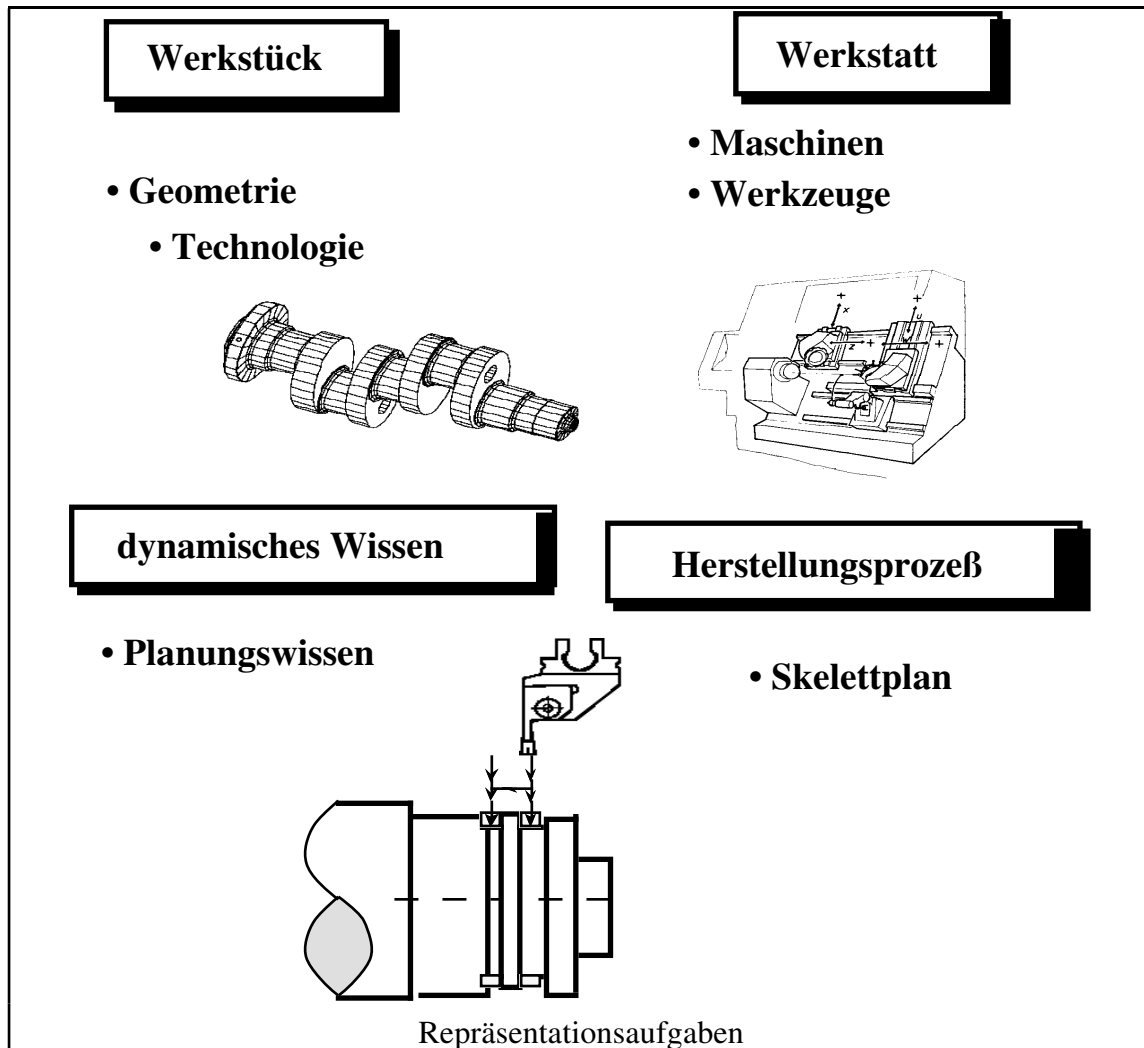
Weitere Tools unterstützen die Abstraktion mehrerer ähnlicher Arbeitspläne zu einem umfassenden Skelettplan (SP-GEN) und die automatische Transformation akquirierter Wissens Elemente in die formalen Repräsentationssprachen (K-Tool).

Wissensrepräsentation

Die Aufgabe der Wissensrepräsentation ist es, das durch die Wissensakquisition erhobene Wissen in formaler Weise darzustellen, so daß mit geeigneten Ablaufstrategien ein funktionsfähiges System entsteht. Hierzu sind geeignete Repräsentationssprachen zur Verfügung zu stellen. Im Sinne der KADS-Terminologie realisiert die Wissensrepräsentation wesentliche Teile des Designmodells und des Implementierungsmodells. Hieraus resultieren Verflechtungen mit der Wissensakquisition einerseits und konkreten maschinennahen Problemstellungen andererseits.

Am ARC-TEC-Beispiel soll nun die Wissensrepräsentation im Detail illustriert werden.

Die konkreten Repräsentationsaufgaben entsprechen den im konzeptuellen Modell aufgeführten Wissenstypen und prinzipiellen Verarbeitungsstrategien:

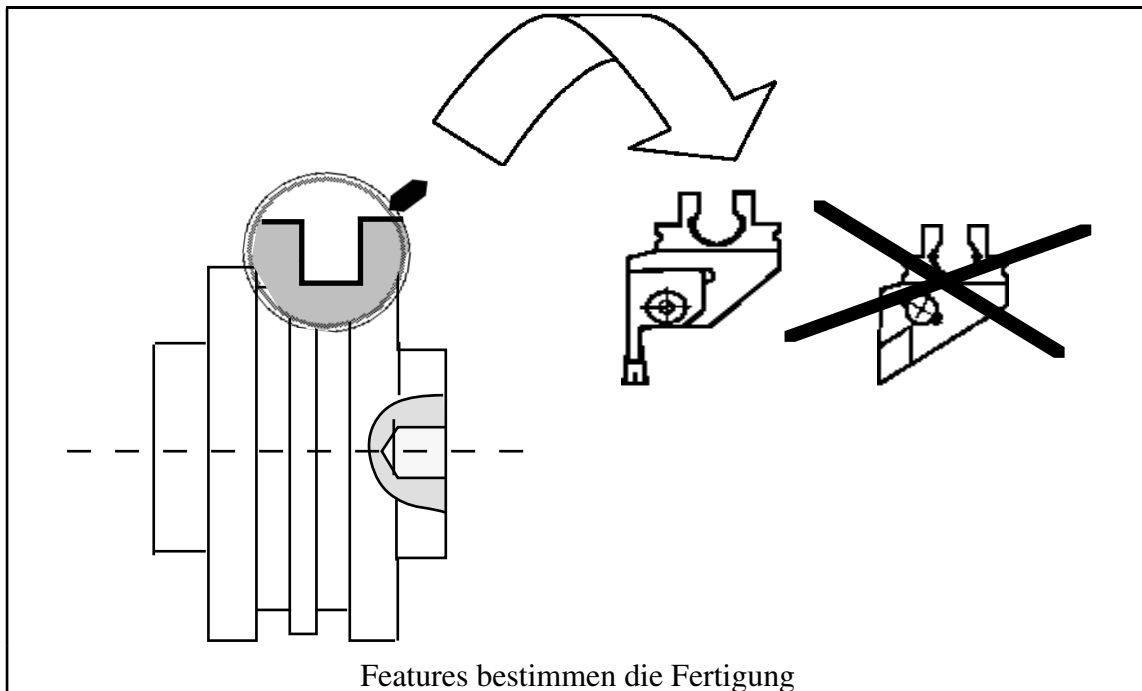


Zentrale Begriffe im konzeptuellen Modell waren die abstrakte Featurebeschreibung des Werkstücks in Abhängigkeit vom Fertigungsumfeld und die Selektion und Kombination von mit den Features assoziierten Skelettplänen zu einem vollständigen Arbeitsplan.

Features

In der Beschreibung des Werkstücks erkennt der Experte bestimmte Bereiche, die ihm Hinweise auf die anzuwendenden Fertigungsmethoden geben. Man denke hier etwa an die Zusammenhänge zwischen bestimmten geometrischen Ausprägungen und den einzusetzenden Werkzeugen (siehe nachfolgende Abbildung).

Das Wissen des Experten um solche Zusammenhänge wird in Form von Featuredefinitionen und assoziierten Skelettplänen repräsentiert.

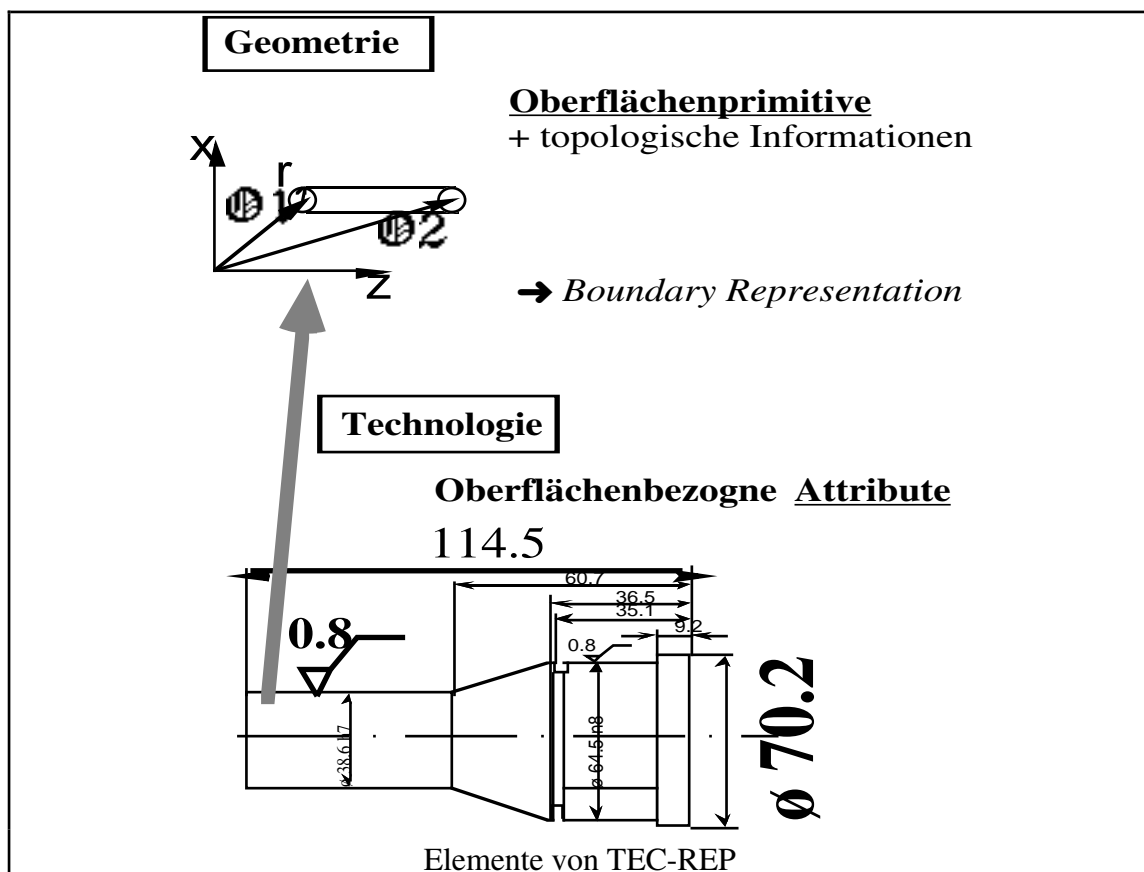


Unter dem Begriff Feature wird ein auf den geometrischen und technologischen Daten eines Produktes basierendes Beschreibungselement verstanden, mit dem der jeweilige Experte von Konstruktion oder Fertigung in seinem Umfeld gewisse Informationen verbindet; in unserem konkreten Fall Skelettpläne. Das heißt insbesondere, daß alle Features und die zugehörigen Skelettpläne durch den jeweiligen Experten beschrieben (definiert) werden, da in dieser Beschreibung sein Umfeld, wie etwa Maschinen, Werkzeuge oder auch Eigenarten von Maschinen und Werkzeugen, reflektiert wird und seine Ideen und Kreativität bezüglich seiner (Experten-)Arbeit, wie etwa besondere Tricks, enthalten sind; gerade letzteres stellt das sogenannte know-how einer Firma dar und darf keinesfalls durch die Einführung von Expertensystemen verloren gehen.

Die zur Darstellung der Features entwickelte Repräsentationssprache FEAT-REP (Feature-Representation) ist eine frameartige Sprache, die es erlaubt, die speziellen Charakteristika der Features adäquat darzustellen. Zu diesen Charakteristika gehören die Kontextabhängigkeit der Features, wie etwa die Abhängigkeit von benachbarten Features, Hierarchien über Features, etwa die verschiedenen Möglichkeiten einer Schulter, Restriktionen bezüglich Dimension und Technologie der Features, wie etwa gewisse Anforderungen an die Oberflächengüte (geschliffene Planfläche), Bildung komplexer Features, das heißt die Definition von Features durch andere Feature, Graphen-Natur der Feature, das heißt die Definition der Features mittels dem topologischen Nachbarschaftsgraph der Flächen oder anderer Features, fragmentierte

Definition von Features, das heißt Definition eines Features durch nicht direkt topologisch verbundene Flächen oder Features.

Um eine Featurebeschreibung zu erhalten, die eine qualitative Beschreibung darstellt, bedarf es einer quantitativen Beschreibungsebene, sprich einer geeigneten geometrischen und topologischen Beschreibung des Werkstücks mit den zugehörigen technologischen Informationen, etwa Oberflächengüten und Toleranzen. Zu diesem Zweck wurde die Repräsentationssprache TEC-REP (Technology Representation) entwickelt. In TEC-REP werden geometrische und technologische Informationen zu einem Werkstück in Form einer attributierten Boundary Representation dargestellt. Dies erlaubt einerseits die vollständige (quantitative) Repräsentation aller betrachteten Werkstücke und ist andererseits für eine weitere Verarbeitung mit KI-Methoden geeignet. Außerdem ermöglicht diese Basis-Repräsentationssprache den Anschluß an Standards der CAD-Welt wie etwa STEP.



Aufgrund der vom Experten erstellten und in FEAT-REP abgelegten Featuredefinitionen können in der geometrisch-technologischen Beschreibung eines Werkstücks die auftretenden Features erkannt werden. Das Resultat dieser Featureerkennung ist eine Featurestruktur des Werkstücks, die das Werkstück in den

shaft

step

step

step

right shoulder

insertion

insertion

left shoulder

right shoulder

long turning surface

flank

ground of a groove

flank

long turning surface

cylinder jacket #13

ring #14

cylinder jacket #15

ring #16

cylinder jacket #17

#8

#9

#10

#11

#12

#13

#14

#15

#16

#17

#18

#19

#20

#21

Beispielhafter Feature-Strukturbaum

Das fertigungstechnische Wissen, das der Experte mit einzelnen Features assoziiert, wird in den schon mehrfach erwähnten Skelettplänen repräsentiert.

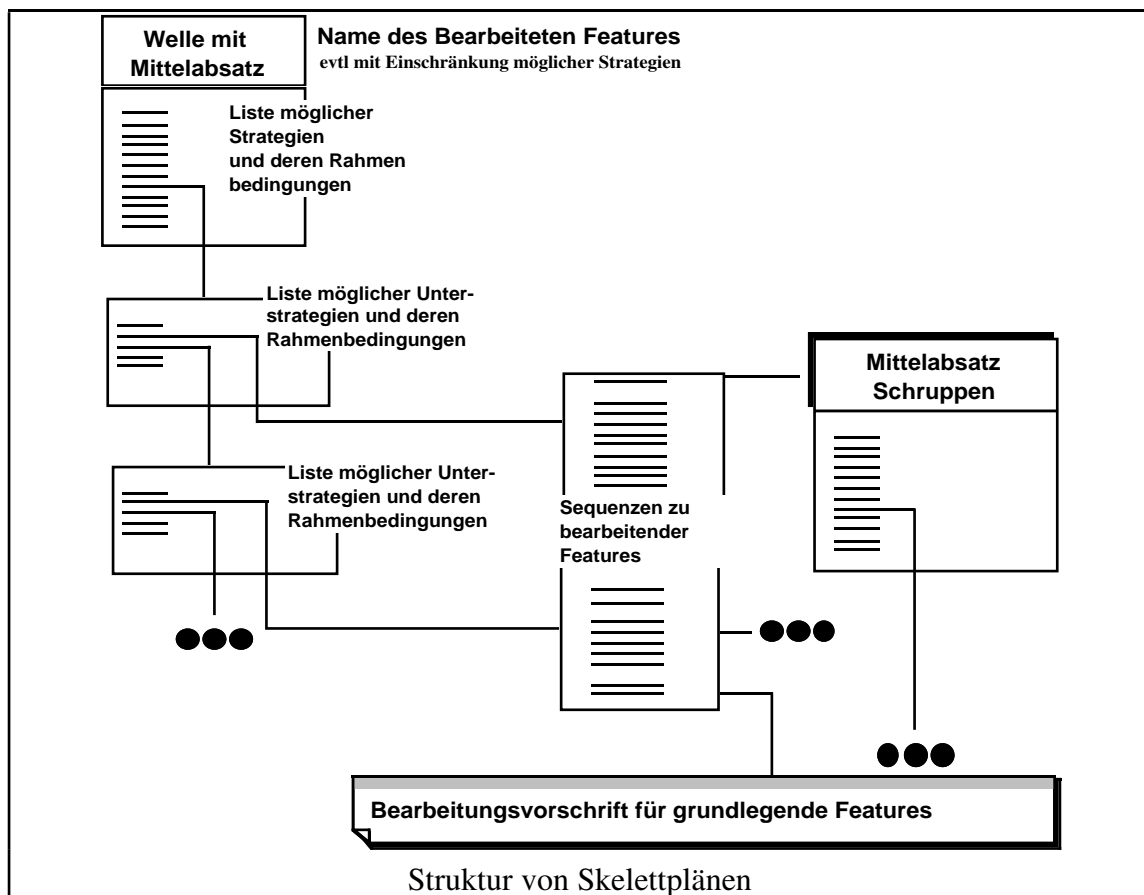
Ein maschinengerechter Arbeitsplan beschreibt den gesamten Prozeß, der zur Herstellung eines konkreten Werkstücks notwendig ist, in für die maschinelle Ausführung hinreichender Detaillierung. Ein Skelettplan kann hingegen etwa

- Diese Möglichkeiten sind nicht exklusiv.

Skelettpläne können prinzipiell auf zwei Arten bearbeitet werden:

- Der Detaillierungsgrad eines Skelettplans kann durch Verfeinerung erhöht werden. Dies geschieht, indem Teile eines Skelettplans durch andere, detailliertere Skelettpläne ersetzt werden, oder indem abstrakte Angaben durch die Verwendung aktueller Daten konkretisiert werden.
- Außerdem können mehrere Skelettpläne zu einem neuen Skelettplan zusammengefaßt werden, so daß dieser dann einen größeren Teil des Gesamtarbeitsplans beschreibt.

Analog zur hierarchischen Struktur der Featuredefinitionen entsteht auch eine hierarchische Gliederung der Skelettpläne. Exemplarisch sei die resultierende (und im Repräsentationsformalismus SKEP-REP zu repräsentierende) Struktur in folgendem Bild dargestellt:



Planen mit Features und Skelettplänen

Aus dem Zusammenspiel der verschiedenen explizit repräsentierten Wissens Elemente ergibt sich das vollständige funktionierende Planungssystem: In der gegebenen Werkstückbeschreibung werden die relevanten Features erkannt, die

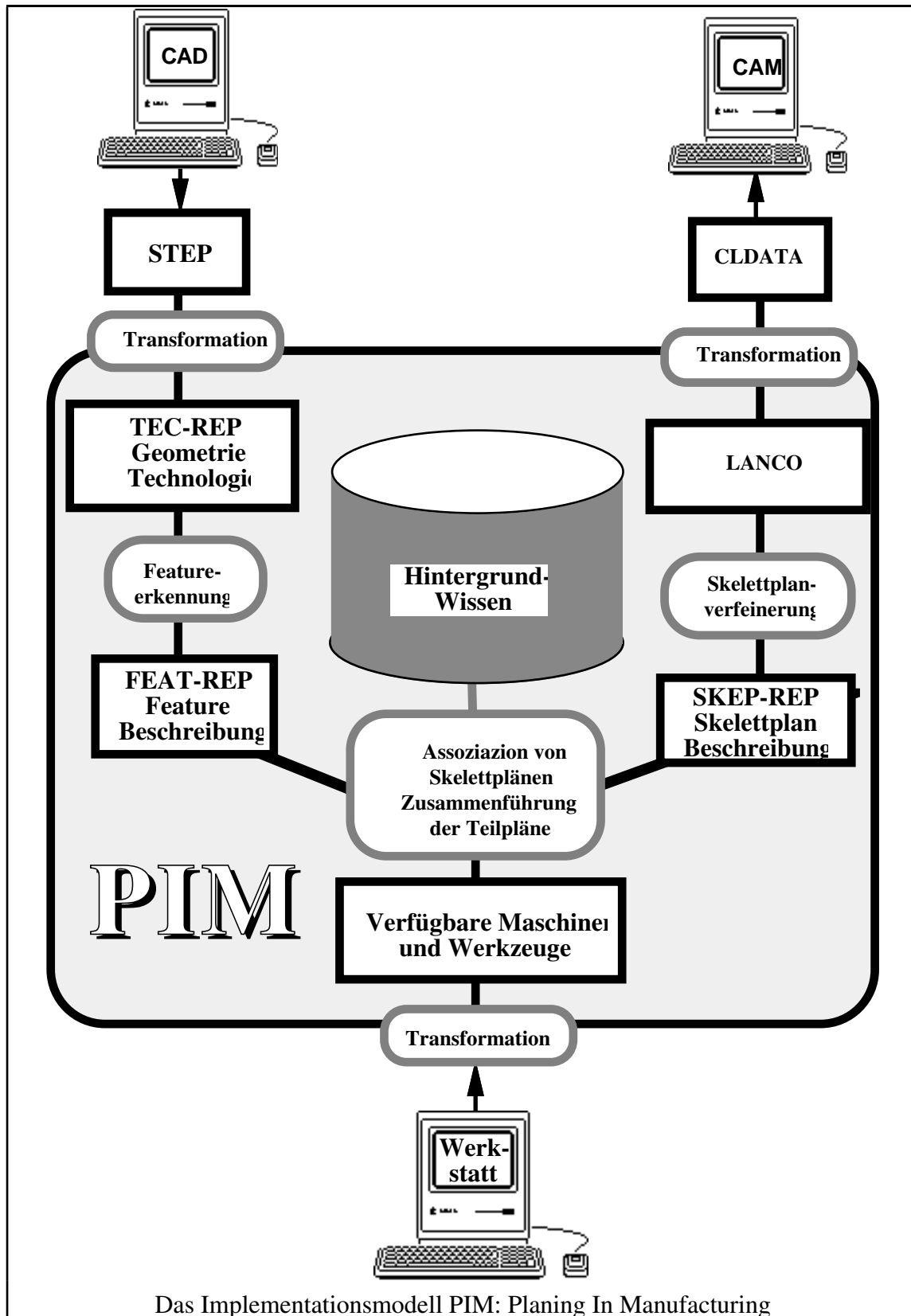
entsprechenden Skelettpläne werden gefunden. Entsprechend der Featurestruktur des Werkstücks werden die Skelettpläne zusammengefügt und dabei nach Bedarf verfeinert, aufgebrochen und zusammengemischt. Das Resultat ist der vollständige Arbeitsplan, der in seiner Entstehung und in seiner endgültigen Form das Wissen des konkreten Experten im konkret gegebenen Fertigungsumfeld optimal widerspiegelt.

Im Sinne der KADS-Terminologie ist hiermit das Implementierungsmodell beschrieben. Da das fertige System mit der Außenwelt in Verbindung stehen muß, sind an dieser Stelle auch die Schnittstellen zu anderen Systemen zu spezifizieren. Im Falle von ARC-TEC werden diese durch den Übergang von Datenaustauschformaten wie STEP zur TEC-REP einerseits und durch die Verwendung von Industriestandards wie CLDATA andererseits erreicht. Als konkreter Anschluß an aktuelle Entwicklungen im Bereich des CAD wird außerdem zur Zeit eine Verbindung zwischen TEC-REP und dem Konstruktionssystem Fertigungsgerecht von Prof. Meerkamm, Erlangen, realisiert. Auf NC-Seite wird alternativ die Einbindung existierender NC-Programmiersysteme untersucht.

Das vollständige Implementationsmodell (das gleichzeitig eine Systemarchitektur darstellt) ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

Es wird deutlich, daß in diesem System die Zusammenarbeit der einzelnen Komponenten, die ja selbst bereits problemrelevantes Wissen darstellt, nicht explizit aufgeführt ist. Teilweise wird an dieser Stelle Wissen implizit durch die Wahl und Auslegung der Tools kodiert. Damit ist das Ergebnis von ARC-TEC kein universelles Wissensrepräsentationssystem, sondern eine auf den angestrebten Einsatzbereich spezialisierte (domänenspezifische) Shell, die damit aber dem Entwickler bereits grundsätzliche Designüberlegungen abnimmt und grundlegende Verarbeitungsstrategien effizient realisiert.

Welche Methoden sind nötig, um die beschriebenen Repräsentationssprachen und Verarbeitungsstrategien sinnvoll und effizient zu realisieren? Diese Fragestellung wird vom dritten Teilprojekt "Compilation" des ARC-TEC-Projekts bearbeitet. Ohne auf die Details einzugehen, werden im folgenden die in diesem Teilprojekt entwickelten Sprachen und Verarbeitungsmechanismen vorgestellt.

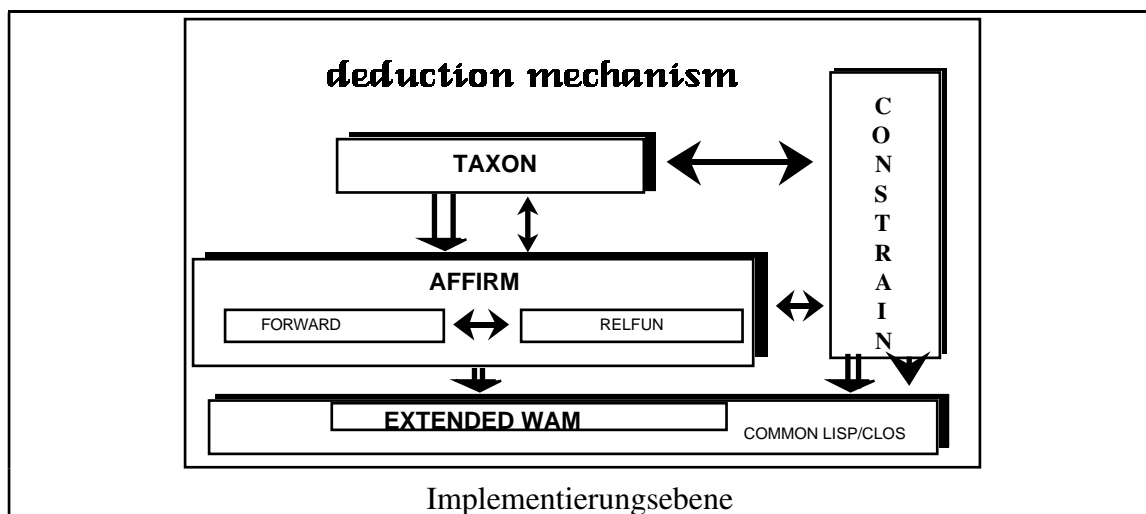


Eine zentrale Aufgabe bei der Verarbeitung des repräsentierten Wissens in diesem Bereich ist die Behandlung von Begriffshierarchien (Taxonomien). Ihr Einsatz ist

vielfältig: Bereits vorgegebene Hierarchien wie etwa Werkzeugklassifikationen sind zu berücksichtigen, von zentraler Bedeutung ist aber die hierarchische Gliederung der verschiedenen Features und der ihnen zugeordneten Skelettpläne. Die terminologische Repräsentationssprache TAXON dient dazu, Begriffsdefinitionen zu formulieren und aus den entstehenden Hierarchien Schlüsse zu ziehen. Von anderen Vertretern der Familie der KL-ONE-ähnlicher Sprachen hebt sich TAXON dabei durch die Möglichkeit ab, sogenannte "externe Domänen" in den Deduktionsprozeß einzubeziehen. Damit ist es möglich, bei der Begriffsdefinition auch algebraische Abhängigkeiten zu berücksichtigen und bei der sogenannten "Realisierung", also beim Einsortieren konkreter Dinge in die Begriffshierarchie, konkrete numerische Informationen zu verwenden.

Die Formulierung von Randbedingungen, deren Erfüllung im Rahmen des Planungsprozesses gewährleistet sein muß, wird in der KI häufig mit Constraintsystemen durchgeführt. Die sogenannte Propagierung der einzelnen Constraints führt zu einer sukzessiven Einschränkung der denkbaren Lösungsmenge auf diejenigen Elemente, die die angegebenen Randbedingungen erfüllen. Das System CONTAX erlaubt nun die Formulierung und Abarbeitung von Constraints unter Verwendung der in TAXON niedergelegten hierarchischen Abhängigkeiten.

Zur Formulierung von dynamischem Wissen, Verarbeitungsstrategien, Heuristiken usw. werden die Regelsysteme FORWARD (Regeln zur Vorwärtsverarbeitung) und RELFUN (zur Rückwärtsverarbeitung) bereitgestellt. Je nach Bedarf können hierbei die gleichen Regeln in beiden Systemen verwendet und nach beiden Deduktionsverfahren bearbeitet werden.



Zusammenfassung:

Im Projekt ARC-TEC werden Tools für alle Schritte zur Verfügung gestellt, die zum Erstellen von Expertensystemen im Bereich der Fertigungstechnik notwendig sind. Die Wissensakquisition kann auf Tools zugreifen, die die Identifikation und Formalisierung von Begriffen und Beziehungen zwischen ihnen ermöglichen und eine sukzessive und systematische Modellbildung unterstützen. Mit den erarbeiteten Repräsentationssprachen und Abarbeitungsmethoden kann das akquirierte Wissen in geeigneter Weise repräsentiert werden. Die bereitgestellten Sprachen, Compilationsstrategien und Inferenzmethoden erlauben eine effiziente Verarbeitung des Wissens.

Die Gesamtheit der Tools ist, wo nötig, speziell auf die Belange der Fertigungstechnik zugeschnitten. Damit stellt sie eine domänenorientierte und spezialisierte Shell für die Entwicklung von Expertensystemen in diesem Bereich dar.

Von besonderer Bedeutung ist die Akquisition, explizite Repräsentation und effiziente Verarbeitung des spezifischen Wissens konkreter Experten in ihrem konkreten Fertigungsumfeld. Damit ist die flexible Anpassung eines Expertensystems an konkrete Gegebenheiten des als Einsatzgebiet ins Auge gefaßten Betriebs möglich.

Die Möglichkeit, die vorgeschlagenen Tools und Formalismen weitgehend mit existierenden Standards zu koppeln, erlaubt das Einbinden entwickelter Expertensysteme in existierende CA*-Umgebungen.

Das ARC-TEC-Projekt erprobt in seiner Gesamtheit auch die systematische Erstellung eines Systems nach der KADS-Methodik und sammelt Erfahrungen in diesem Bereich.

Die prinzipielle Einsatzfähigkeit der entwickelten Tools und Methoden wird in ARC-TEC am Beispiel der Erstellung von Arbeitsplänen für die Drehbearbeitung demonstriert. Das Problem kann bei Einsatz der ARC-TEC-Tools durch eine Folge von Abstraktion, Assoziation/Selektion und Detaillierung elegant und in enger Anlehnung an die Arbeitsweise von Experten gelöst werden.

Literatur

- /1/ Bernardi, A., Klauck, C., and Legleitner, R.: *Abschlußbericht des Arbeitspaketes PROD*. Dokument, D-90-03 Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Postfach 20 80, D-6750 Kaiserslautern, september, 1990.

- /2/ Bernardi, A., Klauck, C., and Legleitner, R.: *STEP: Überblick über eine zukünftige Schnittstelle zum Produktdatenaustausch*. Dokument, D-90-04 Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Postfach 20 80, D-6750 Kaiserslautern, september, 1990.
- /3/ Bernardi, A., Boley, H., Hanschke, P., Hinkelmann, K., Klauck, C., Kühn, O., Legleitner, R., Meyer, M., Richter, M.M., Schmalhofer, F., Schmidt, G., and Sommer, : ARC-TEC: Acquisition, Representation and Compilation of Technical Knowledge. In *Expert Systems and their Applications: Tools, techniques and Methods*, 1991, pp. 133-145.
- /4/ Bernardi, A., Klauck, C., and Legleitner, R.: PIM: Planning in Manufacturing. In *forthcoming*, DFKIGmbH, 1991.
- /5/ Bernardi, A., Klauck, C., and Legleitner, R.: *TEC-REP: Repräsentation von Geometrie- und Technologieinformationen*. Dokument, D-91-07 Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH, Postfach 20 80, D-6750 Kaiserslautern, june, 1991.
- /6/ Breuker, J. and Wielinga B.: Models of Expertise in Knowledge Acquisition. In *Topics in Expert System Design: methodologies and tools.*, Amsterdam 1988.
- /7/ Dixon, J.R. and Finger, S.: *A Review of Research in Mechanical Engineering Design. Part I : Descriptive, Prescriptive, and Computer-Based Models of Design Processes*. Engineering DesignSpringer-Verlag New York Inc. (1) 2 (1989), 51-67.
- /8/ Dixon, J.R. and Finger, S.: *A Review of Research in Mechanical Engineering Design. Part II :Representations, Analysis, and Design for the Life Cycle*. Engineering DesignSpringer-Verlag New York Inc. (1) 2 (1989), 121-137.
- /9/ Klauck, C., Bernardi, A., and Legleitner, R.: FEAT-REP: Representing Features in CAD/CAM. In *IV International Symposium on Artificial Intelligence: Applications in Informatics*, 1991.
- /10/ Mullins, S. and Rinderle, J.R.: *Grammatical Approaches to Engineering Design, Part I: An Introduction and Commentary*. Research in Engineering Design 2 (1991), 121-135.
- /11/ Rinderle, J.R.: *Grammatical Approaches to Engineering Design, Part II: Melding Configuration and Parametric Design Using Attribute Grammars*. Research in Engineering Design 2 (1991), 137-146.



Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH

DFKI
-Bibliothek-
PF 2080
67608 Kaiserslautern
FRG

DFKI Publikationen

Die folgenden DFKI Veröffentlichungen sowie die aktuelle Liste von allen bisher erschienenen Publikationen können von der oben angegebenen Adresse oder per anonymem ftp von ftp.dfki.uni-kl.de (131.246.241.100) unter pub/Publications bezogen werden. Die Berichte werden, wenn nicht anders gekennzeichnet, kostenlos abgegeben.

DFKI Publications

The following DFKI publications or the list of all published papers so far are obtainable from the above address or per anonymous ftp from ftp.dfki.uni-kl.de (131.246.241.100) under pub/Publications. The reports are distributed free of charge except if otherwise indicated.

DFKI Research Reports

RR-92-50

Stephan Busemann:

Generierung natürlicher Sprache

61 Seiten

RR-92-51

Hans-Jürgen Bürckert, Werner Nutt:

On Abduction and Answer Generation through Constrained Resolution

20 pages

RR-92-52

Mathias Bauer, Susanne Biundo, Dietmar Dengler, Jana Koehler, Gabriele Paul: PHI - A Logic-Based Tool for Intelligent Help Systems

14 pages

RR-92-53

Werner Stephan, Susanne Biundo:

A New Logical Framework for Deductive Planning

15 pages

RR-92-54

Harold Boley: A Direkt Semantic

Characterization of RELFUN

30 pages

RR-92-55

John Nerbonne, Joachim Laubsch, Abdel

Kader Diagne, Stephan Oepen: Natural Language Semantics and Compiler Technology

17 pages

RR-92-56

Armin Laux: Integrating a Modal Logic of Knowledge into Terminological Logics

34 pages

RR-92-58

Franz Baader, Bernhard Hollunder:

How to Prefer More Specific Defaults in Terminological Default Logic

31 pages

RR-92-59

Karl Schlechta and David Makinson: On Principles and Problems of Defeasible Inheritance

13 pages

RR-92-60

Karl Schlechta: Defaults, Preorder Semantics and Circumscription

19 pages

RR-93-02

Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Wolfgang Finkler, Hans-Jürgen Profitlich, Thomas Rist: Plan-based Integration of Natural Language and Graphics Generation

50 pages

RR-93-03

Franz Baader, Bernhard Hollunder, Bernhard Nebel, Hans-Jürgen Profitlich, Enrico Franconi: An Empirical Analysis of Optimization Techniques for Terminological Representation Systems

28 pages

RR-93-04

Christoph Klauck, Johannes Schwagereit: GGD: Graph Grammar Developer for features in CAD/CAM

13 pages

RR-93-05

Franz Baader, Klaus Schulz: Combination Techniques and Decision Problems for Disunification

29 pages

RR-93-06

Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Hollunder, Armin Laux: On Skolemization in Constrained Logics
40 pages

RR-93-07

Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Hollunder, Armin Laux: Concept Logics with Function Symbols
36 pages

RR-93-08

Harold Boley, Philipp Hanschke, Knut Hinkelmann, Manfred Meyer: COLAB: A Hybrid Knowledge Representation and Compilation Laboratory
64 pages

RR-93-09

Philipp Hanschke, Jörg Würtz: Satisfiability of the Smallest Binary Program
8 Seiten

RR-93-10

Martin Buchheit, Francesco M. Donini, Andrea Schaefer: Decidable Reasoning in Terminological Knowledge Representation Systems
35 pages

RR-93-11

Bernhard Nebel, Hans-Juergen Buerckert: Reasoning about Temporal Relations: A Maximal Tractable Subclass of Allen's Interval Algebra
28 pages

RR-93-12

Pierre Sablayrolles: A Two-Level Semantics for French Expressions of Motion
51 pages

RR-93-13

Franz Baader, Karl Schlehta: A Semantics for Open Normal Defaults via a Modified Preferential Approach
25 pages

RR-93-14

Joachim Niehren, Andreas Podelski, Ralf Treinen: Equational and Membership Constraints for Infinite Trees
33 pages

RR-93-15

Frank Berger, Thomas Fehrle, Kristof Klöckner, Volker Schölles, Markus A. Thies, Wolfgang Wahlster: PLUS - Plan-based User Support
Final Project Report
33 pages

RR-93-16

Gert Smolka, Martin Henz, Jörg Würtz: Object-Oriented Concurrent Constraint Programming in Oz
17 pages

RR-93-17

Rolf Backofen: Regular Path Expressions in Feature Logic
37 pages

RR-93-18

Klaus Schild: Terminological Cycles and the Propositional μ -Calculus
32 pages

RR-93-20

Franz Baader, Bernhard Hollunder: Embedding Defaults into Terminological Knowledge Representation Formalisms
34 pages

RR-93-22

Manfred Meyer, Jörg Müller: Weak Looking-Ahead and its Application in Computer-Aided Process Planning
17 pages

RR-93-23

Andreas Dengel, Ottmar Lutz: Comparative Study of Connectionist Simulators
20 pages

RR-93-24

Rainer Hoch, Andreas Dengel: Document Highlighting — Message Classification in Printed Business Letters
17 pages

RR-93-25

Klaus Fischer, Norbert Kuhn: A DAI Approach to Modeling the Transportation Domain
93 pages

RR-93-26

Jörg P. Müller, Markus Pischel: The Agent Architecture InteRRaP: Concept and Application
99 pages

RR-93-27

Hans-Ulrich Krieger: Derivation Without Lexical Rules
33 pages

RR-93-28

Hans-Ulrich Krieger, John Nerbonne, Hannes Pirker: Feature-Based Allomorphy
8 pages

RR-93-29

Armin Laux: Representing Belief in Multi-Agent Worlds via Terminological Logics
35 pages

RR-93-33

Bernhard Nebel, Jana Koehler: Plan Reuse versus Plan Generation: A Theoretical and Empirical Analysis
33 pages

RR-93-34

Wolfgang Wahlster:
Verbmobil Translation of Face-To-Face Dialogs
10 pages

RR-93-35

Harold Boley, François Bry, Ulrich Geske
(Eds.): Neuere Entwicklungen der deklarativen
KI-Programmierung — *Proceedings*
150 Seiten

Note: This document is available only for a
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

RR-93-36

Michael M. Richter, Bernd Bachmann, Ansgar
Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner,
Gabriele Schmidt: Von IDA bis IMCOD:
Expertensysteme im CIM-Umfeld
13 Seiten

RR-93-38

Stephan Baumann: Document Recognition of
Printed Scores and Transformation into MIDI
24 pages

RR-93-40

Francesco M. Donini, Maurizio Lenzerini,
Daniele Nardi, Werner Nutt, Andrea Schaerf:
Queries, Rules and Definitions as Epistemic
Statements in Concept Languages
23 pages

RR-93-41

Winfried H. Graf: LAYLAB: A Constraint-
Based Layout Manager for Multimedia
Presentations
9 pages

RR-93-42

Hubert Comon, Ralf Treinen:
The First-Order Theory of Lexicographic Path
Orderings is Undecidable
9 pages

RR-93-44

Martin Buchheit, Manfred A. Jeusfeld, Werner
Nutt, Martin Staudt: Subsumption between
Queries to Object-Oriented Databases
36 pages

RR-93-45

Rainer Hoch: On Virtual Partitioning of Large
Dictionaries for Contextual Post-Processing to
Improve Character Recognition
21 pages

RR-93-46

Philipp Hanschke: A Declarative Integration of
Terminological, Constraint-based, Data-driven,
and Goal-directed Reasoning
81 pages

DFKI Technical Memos**TM-92-01**

Lijuan Zhang: Entwurf und Implementierung
eines Compilers zur Transformation von
Werkstückrepräsentationen
34 Seiten

TM-92-02

Achim Schupeta: Organizing Communication
and Introspection in a Multi-Agent Blocksworld
32 pages

TM-92-03

Mona Singh:
A Cognitive Analysis of Event Structure
21 pages

TM-92-04

Jürgen Müller, Jörg Müller, Markus Pischel,
Ralf Scheidhauer:
On the Representation of Temporal Knowledge
61 pages

TM-92-05

Franz Schmalhofer, Christoph Globig, Jörg
Thoben:
The refitting of plans by a human expert
10 pages

TM-92-06

Otto Kühn, Franz Schmalhofer: Hierarchical
skeletal plan refinement: Task- and inference
structures
14 pages

TM-92-08

Anne Kilger: Realization of Tree Adjoining
Grammars with Unification
27 pages

TM-93-01

Otto Kühn, Andreas Birk: Reconstructive
Integrated Explanation of Lathe Production
Plans
20 pages

TM-93-02

Pierre Sablayrolles, Achim Schupeta:
Conflict Resolving Negotiation for COoperative
Schedule Management
21 pages

TM-93-03

Harold Boley, Ulrich Buhrmann, Christof
Kremer:
Konzeption einer deklarativen Wissensbasis
über recyclingrelevante Materialien
11 pages

TM-93-04

Hans-Günther Hein: Propagation Techniques in
WAM-based Architectures — The FIDO-III
Approach
105 pages

DFKI Documents

D-92-24

Jürgen Müller, Donald Steiner (Hrsg.):
Kooperierende Agenten
78 Seiten

D-92-25

Martin Buchheit: Klassische Kommunikations-
und Koordinationsmodelle
31 Seiten

D-92-26

Enno Tolzmann:
Realisierung eines Werkzeugauswahlmoduls mit
Hilfe des Constraint-Systems CONTAX
28 Seiten

D-92-27

*Martin Harm, Knut Hinkelmann, Thomas
Labisch:* Integrating Top-down and Bottom-up
Reasoning in COLAB
40 pages

D-92-28

Klaus-Peter Gores, Rainer Bleisinger: Ein
Modell zur Repräsentation von
Nachrichtentypen
56 Seiten

D-93-01

Philipp Hanschke, Thom Frühwirth:
Terminological Reasoning with Constraint
Handling Rules
12 pages

D-93-02

*Gabriele Schmidt, Frank Peters,
Gernod Laufkötter:* User Manual of COKAM+
23 pages

D-93-03

Stephan Busemann, Karin Harbusch(Eds.):
DFKI Workshop on Natural Language Systems:
Reusability and Modularity - Proceedings
74 pages

D-93-04

DFKI Wissenschaftlich-Technischer
Jahresbericht 1992
194 Seiten

D-93-05

*Elisabeth André, Winfried Graf, Jochen
Heinsohn, Bernhard Nebel, Hans-Jürgen
Profilich, Thomas Rist, Wolfgang Wahlster:*
PPP: Personalized Plan-Based Presenter
70 pages

D-93-06

Jürgen Müller (Hrsg.):
Beiträge zum Gründungsworkshop der
Fachgruppe Verteilte Künstliche Intelligenz
Saarbrücken 29.-30. April 1993
235 Seiten
Note: This document is available only for a
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

D-93-07

Klaus-Peter Gores, Rainer Bleisinger:
Ein erwartungsgesteuerter Koordinator zur
partiellen Textanalyse
53 Seiten

D-93-08

Thomas Kieninger, Rainer Hoch: Ein Generator
mit Anfragesystem für strukturierte
Wörterbücher zur Unterstützung von
Texterkennung und Textanalyse
125 Seiten

D-93-09

Hans-Ulrich Krieger, Ulrich Schäfer:
TDL ExtraLight User's Guide
35 pages

D-93-10

*Elizabeth Hinkelman, Markus
Vonerden, Christoph Jung:* Natural Language
Software Registry
(Second Edition)
174 pages

D-93-11

Knut Hinkelmann, Armin Laux (Eds.):
DFKI Workshop on Knowledge Representation
Techniques — Proceedings
88 pages

D-93-12

*Harold Boley, Klaus Elsbernd, Michael Herfert,
Michael Sintek, Werner Stein:*
RELFUN Guide: Programming with Relations
and Functions Made Easy
86 pages

D-93-14

Manfred Meyer (Ed.): Constraint Processing –
Proceedings of the International Workshop at
CSAM'93, July 20-21, 1993
264 pages
Note: This document is available only for a
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

D-93-15

Robert Laux: Untersuchung maschineller
Lernverfahren und heuristischer Methoden im
Hinblick auf deren Kombination zur
Unterstützung eines Chart-Parsers
86 Seiten

D-93-20

Bernhard Herbig:
Eine homogene Implementierungsebene für
einen hybriden
Wissensrepräsentationsformalismus
97 Seiten

D-93-21

Dennis Drollinger:
Intelligentes Backtracking in Inferenzsystemen
am Beispiel Terminologischer Logiken
53 Seiten